

### Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung eines Piezoaktors

#### Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung eines Piezoaktors gemäß den Oberbegriffen der unabhängigen Ansprüche.

Ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung eines Piezoaktors sind aus der EP 11 38 902 bekannt. Bei der dort beschriebenen Vorgehensweise wird die Spannung, die an dem Piezoaktor anliegt, zu vorgegebenen Zeitpunkten erfasst und ausgewertet. Diese Auswertung erfolgt mit Blick auf eine mögliche Regelung der Spannung und/oder zur Überwachung des Piezoaktors.

Piezoaktoren werden insbesondere in Piezoinjektoren eingesetzt, die wiederum zur Kraftstoffzumessung in Brennkraftmaschinen verwendet werden. Ein solcher Piezoinjektor umfasst u.a. eine mit einer Feder vorgespannte Piezokeramik, die sich im Wesentlichen wie ein Feder-Masse-System verhält. Erfolgt das Laden bzw. Entladen des Piezoaktors stromgetaktet, so ergibt sich ein im Wesentlichen stufenförmiger Spannungsverlauf beim Laden und Entladen. Auch bei einer gleichbleibenden elektrischen Ladung im Piezoaktor führt ein Zusammendrücken des Piezoaktors zu einer Spannungsverringerung bzw. eine Ausdehnung führt zu einer Spannungserhöhung. Dies führt zu einem Über- bzw. einem Unterschwinger bei der Spannung. Dies bedeutet insgesamt, dass das Schwingen des Feder-Masse-Systems des vorgespannten Piezoaktors eine Spannungsüber- und unterschwingen erzeugt. Dies tritt insbesondere während und kurz nach dem Ende des Lade- bzw. Entladevorgangs auf.

Des weiteren wirkt der Kraftstoffdruck ebenfalls durch hydraulische Effekte auf den Piezoaktor ein. Durch die Einspritzung am Ende des Ladevorgangs bzw. durch das Beenden der Einspritzung werden Druckwellen im Kraftstoff ausgelöst, die über hydraulische Effekte auf den Piezoaktor einwirken und diesen ebenfalls zu Schwingungen und damit zu Spannungsschwingungen anregen.

Nach dem Ende des Lade- bzw. Entladevorgangs klingen die Spannungsschwingungen ab. Üblicherweise wird daher die Spannung vor dem Entladen bzw. vor dem Laden gemessen. Der Einfluss der Spannungsschwingungen auf den gemessenen Spannungswert wird bei kleinen Ansteuerdauern auf Grund des kleinen zeitlichen Abstandes zwischen dem Ladevorgang und dem Messzeitpunkt größer. Die Amplitude der Spannungsschwingung nimmt mit zunehmendem Raildruck ebenfalls zu. Erfindungsgemäß ist deshalb vorgesehen, dass bei Vorliegen bestimmter Größen die Erfassung der Spannungswerte und/oder deren Weiterleitung gesperrt wird.

#### Vorteile der Erfindung

Dadurch, dass bei Vorliegen bestimmter Größen die Erfassung bzw. die Weiterleitung der Spannungswerte unterbunden wird, kann die Genauigkeit der Spannungserfassung und der hieraus abgeleiteten Größen deutlich verbessert werden. Dadurch wird die Genauigkeit der Ansteuerung des Piezoaktors und damit die Einspritzung deutlich verbessert. Dies führt wiederum dazu, dass das Abgasverhalten, das Geräusch und die Laufruhe der Brennkraftmaschine sich deutlich verbessert.

Vorteilhafte und zweckmäßige Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

#### Zeichnung

Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen erläutert.

Es zeigen

Figur 1            ein Blockdiagramm der erfindungsgemäßen Vorgehensweise

Figur 2 ein Flussdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Figur 1 sind die wesentlichen Elemente der erfindungsgemäßen Vorgehensweise dargestellt. Eine Endstufe, wie sie beispielsweise aus dem Stand der Technik bekannt ist, ist mit 100 bezeichnet. Diese wird von einer Steuerung 110 und einer Regelung 120 mit Signalen beaufschlagt. Des Weiteren ist eine Spannungserfassung 130 vorgesehen, die die Spannung, die an dem Piezoaktor abfällt, erfasst. Die Spannung U gelangt über eine Logik 140 zum einen zu der Regelung 120 und zum anderen zu einer Überwachung 150.

Die Steuerung 110 gibt Signale an die Endstufe 100, die den Beginn und das Ende der Kraftstoffzumessung festlegen. Diese werden von der Steuerung 110 ausgehend von nicht dargestellten Sensorsignalen und anderen, nicht dargestellten Größen, wie beispielsweise dem Fahrerwunschkraftmoment, berechnet. Ausgehend von dem Beginn und dem Ende der Einspritzung berechnet die Endstufe 100 den Zeitpunkt, bei dem der Piezoaktor geladen bzw. entladen wird.

Es ist vorgesehen, dass die Spannung, auf die der Piezoaktor aufgeladen wird, geregelt wird. Diese Spannungsregelung ist insbesondere vorgesehen, um langsame Änderungen, die insbesondere auf Temperatureffekten, auf Alterung und/oder Langzeitdriften beruhen, auszuregeln. Hierzu ist es vorgesehen, dass ein Istwert  $U_I$  für die Spannung mit einem Sollwert  $U_S$ , der von der Steuerung 110 vorgegeben wird, verglichen und dann eine entsprechende Stellgröße an die Endstufe 100 weitergegeben wird. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Spannungserfassung 130 diese Spannung erfasst und dann abhängig von einer Logik 140 an die Regelung 120 bzw. an die Überwachung 150 weiter gibt. Durch Auswerten der Spannung erkennt die Überwachung 150 auf Fehler im Rahmen der Ansteuerung oder im Bereich des Piezoaktors. Dies bedeutet, dass die erfasste Spannung zur Überwachung und/oder zur Bildung einer Steuergröße verwendet wird.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Logik 140 erkennt, ob starke Schwingungen auftreten, die eine Erfassung der Spannung erschweren. Bei der in Figur 1 dargestellten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Logik 140 die Weiterleitung des erfassten Spannungswerts zur weiteren Auswertung sperrt. Erfindungsgemäß kann auch vorgesehen sein, dass die Logik 140 bereits die Spannungserfassung sperrt und in den

ausgewählten Betriebszuständen keine Spannungsmessung erfolgt. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Logik die Freigabe der Messung bzw. die Verwendung der gemessenen Spannungswerte in Abhängigkeit vom Raildruck und des Abstandes des Zeitpunktes bei dem die Spannungserfassung erfolgt und zum Ende des Ladevorgangs und/oder des Entladevorgangs durchführt.

Die erfindungsgemäße Vorgehensweise ist detaillierter in Figur 2 dargestellt. In einem ersten Schritt 200 wird der Raildruck  $P$  erfasst. Im Schritt 210 wird das erfasste Drucksignal korrigiert und ein korrigierter Raildruck  $PK$  ermittelt. Diese Korrektur berücksichtigt insbesondere die Druckwelle, die den Kraftstoff zum Beginn der Einspritzung und am Ende der Einspritzung durchläuft. In einem weiteren Schritt 220 wird die Ansteuerdauer  $AD$  und die Ladezeit  $LD$  ermittelt. Die Ansteuerdauer  $AD$  entspricht der Zeit zwischen dem Beginn des Ladevorgangs und dem Ende der Ansteuerung. Die Ladezeit  $LD$  entspricht dem Abstand zwischen dem Beginn des Ladens und dem Ende des Ladevorgangs.

Die Ladezeit wird vorzugsweise erfasst, d.h. es wird das Ende des Ladevorgangs gemessen und die Differenz zum Beginn des Ladens, der in der Steuerung 110 und/oder in der Endstufe 100 vorliegt, gebildet. Alternativ kann auch vorgesehen sein, dass eine erwartete Ladezeit, die in der Steuerung 110 und/oder in der Endstufe 100 vorliegt, verwendet wird. Die Ansteuerdauer  $AD$  liegt ebenfalls in der Steuerung 110 und/oder in der Endstufe 100 vor.

Im nachfolgenden Schritt 230 wird der Abstand des Abtastzeitpunktes für die Spannungserfassung und dem Ende des Ladevorgangs, die mit  $A$  bezeichnet wird, durch Differenzbildung zwischen der Ansteuerdauer  $AD$  und der Ladedauer  $LD$  ermittelt.

In einem nächsten Schritt 240 wird der Raildruck und die Zeitdifferenz  $A$  einem Kennfeld und/oder einer Tabelle zugeführt, in der ein Wert  $Y$  abgelegt wird, der vorzugsweise den Wert 1 oder den Wert 0 annimmt. Der Wert 0 zeigt vorzugsweise an, dass die Spannungsmessung gesperrt und der Wert 1, dass die Spannungsmessung frei gegeben wird. Die anschließende Abfrage 250 überprüft, ob der Wert  $Y$  den Wert 0 annimmt. Ist dies der Fall, so wird in Schritt 260 die Spannungsmessung gesperrt gegeben. Wenn dies nicht der Fall ist, wird in Schritt 270 die Spannungsmessung frei gegeben. Ist die Spannungsmessung gesperrt, so wird die Regelung 120 durch eine

Steuerung ersetzt und/oder die Stellgröße eingefroren. Dies kann zum Beispiel dadurch realisiert werden, dass der bisherige Wert UI abgespeichert und weiterhin verwendet wird. Alternativ kann auch vorgesehen werden, dass das Ausgangssignal der Regelung 120 abgespeichert und weiter verwendet wird.

Erfindungsgemäß erfolgt abhängig vom Kraftstoffdruck und/oder abhängig von einer Größe, die den Abstand des Zeitpunktes der Spannungsmessung vom Ende des Ladevorganges und/oder des Ladevorganges des Aktors charakterisiert, die Sperrung. Bei einer Sperrung wird der letzte nicht gesperrte Spannungswert zur Regelung und/oder Überwachung verwendet. Das heißt der Spannungswert wird eingefroren. Ferner kann bei einer Sperrung die letzte vor der Sperrung verwendete Stellgröße zur Steuerung verwendet werden. Dies bedeutet bei einer Regelung, dass das Ausgangssignal des Reglers, mit dem das Stellglied angesteuert wird, eingefroren wird.

Alternativ zu den dargestellten Größen können auch noch andere Größen verwendet werden. So kann beispielsweise vorgesehen sein, dass die Freigabe abhängig davon erfolgt, in welchem Verhältnis die Ansteuerdauer und die Ladezeit stehen. D.h. es erfolgt eine Quotientenauswertung.

Des weiteren kann vorgesehen sein, dass lediglich die Ansteuerdauer AD des Aktors und/oder die Förderdauer des Injektors. Das heißt es wird der Abstand zwischen dem Ende des Ladevorgangs und dem Beginn des Entladevorgangs und/oder der Abstand zwischen dem Beginn und dem Ende der Kraftstoffzumessung ausgewertet. So kann vorgesehen sein, dass die Spannungsmessung gesperrt und/oder die Weiterleitung unterbunden wird, wenn die Ansteuerdauer AD und/oder die Förderdauer kleiner als ein Schwellenwert ist. Vorzugsweise hängt der Schwellenwert vom Raildruck ab.

Alternativ kann auch vorgesehen sein, dass die Ansteuerdauer AD, die Förderdauer und/oder das Verhältnis zwischen Ansteuerdauer und der Ladezeit an Stelle der Größe A verarbeitet wird.

### Ansprüche

1. Verfahren zur Steuerung eines Piezoaktors, wobei die Spannung, die an dem Piezoaktor anliegt, zu einem vorgegebenen Zeitpunkt erfasst wird, dadurch gekennzeichnet, dass bei Vorliegen bestimmter Größen die Spannungserfassung und/oder die Weitergabe eines erfassten Spannungswerts gesperrt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Spannungswert zur Überwachung und/oder zur Bildung einer Steuergröße verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass abhängig von einem Kraftstoffdruck die Sperrung erfolgt.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass abhängig von einer Größe, die den Abstand des Zeitpunktes der Spannungsmessung vom Ende des Ladevorganges und/oder des Entladevorganges des Aktors charakterisiert, die Sperrung erfolgt.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass abhängig von einer Ansteuerdauer des Piezoaktors die Sperrung erfolgt.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass abhängig von einer Ladezeit des Piezoaktors die Sperrung erfolgt.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass abhängig von einer Differenz zwischen einer Ansteuerdauer und einer Ladezeit des Piezoaktors die Sperrung erfolgt.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass abhängig von einer Förderdauer eines von dem Piezoaktors betätigten Stellelement die Sperrung erfolgt.
9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Sperrung der letzte nicht gesperrte Spannungswert zur Regelung und/oder Überwachung verwendet wird.
10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Sperrung die letzte vor der Sperrung verwendete Stellgröße zur Steuerung verwendet wird.
11. Vorrichtung zur Steuerung eines Piezoaktors, wobei die Spannung, die an dem Piezoaktor anliegt, zu einem vorgegebenen Zeitpunkt erfasst wird, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel vorgesehen sind, die bei Vorliegen bestimmter Größen die Spannungserfassung und/oder die Weitergabe eines erfassten Spannungswerts sperren.

1/2

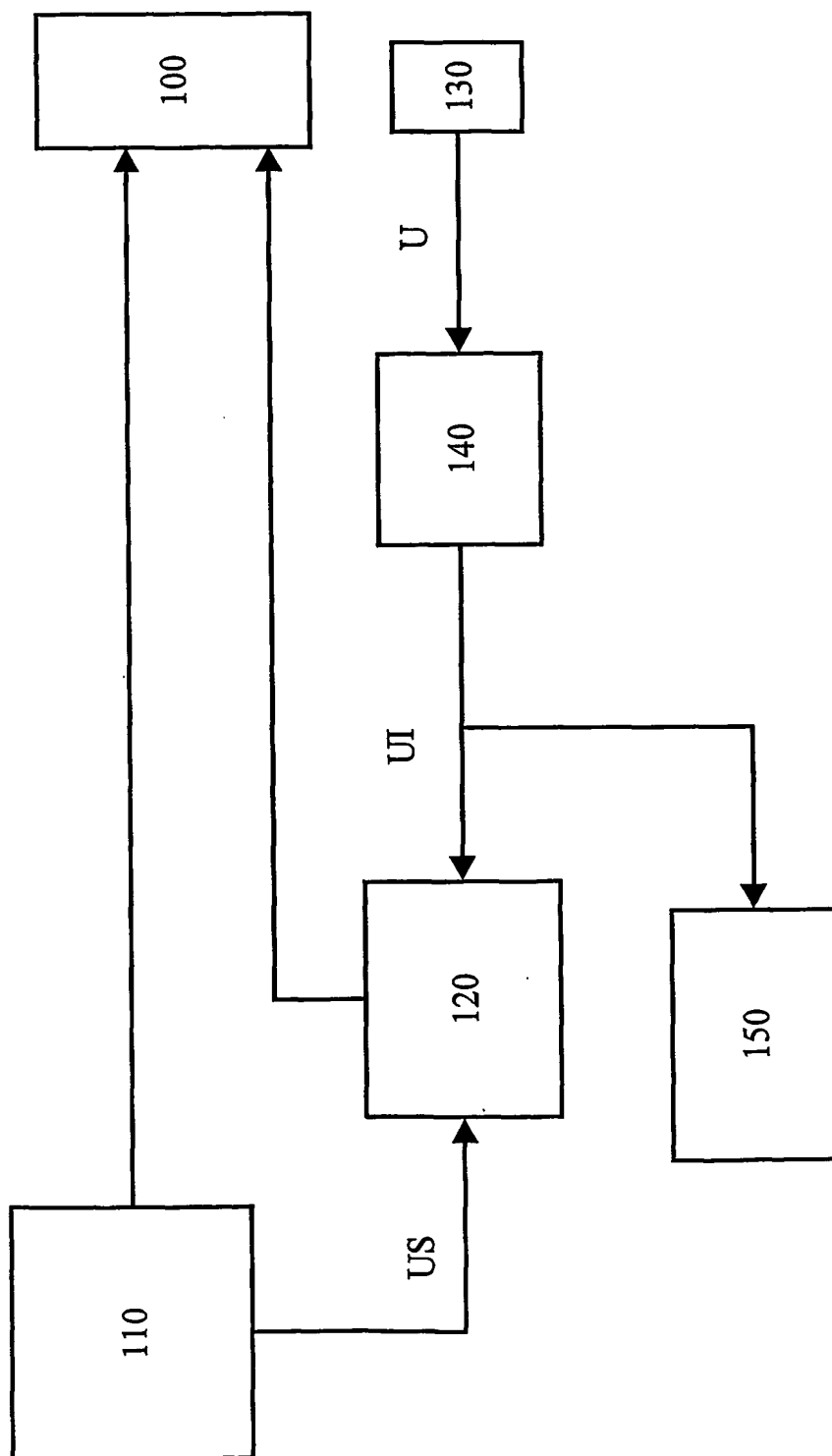


Fig. 1

2/2

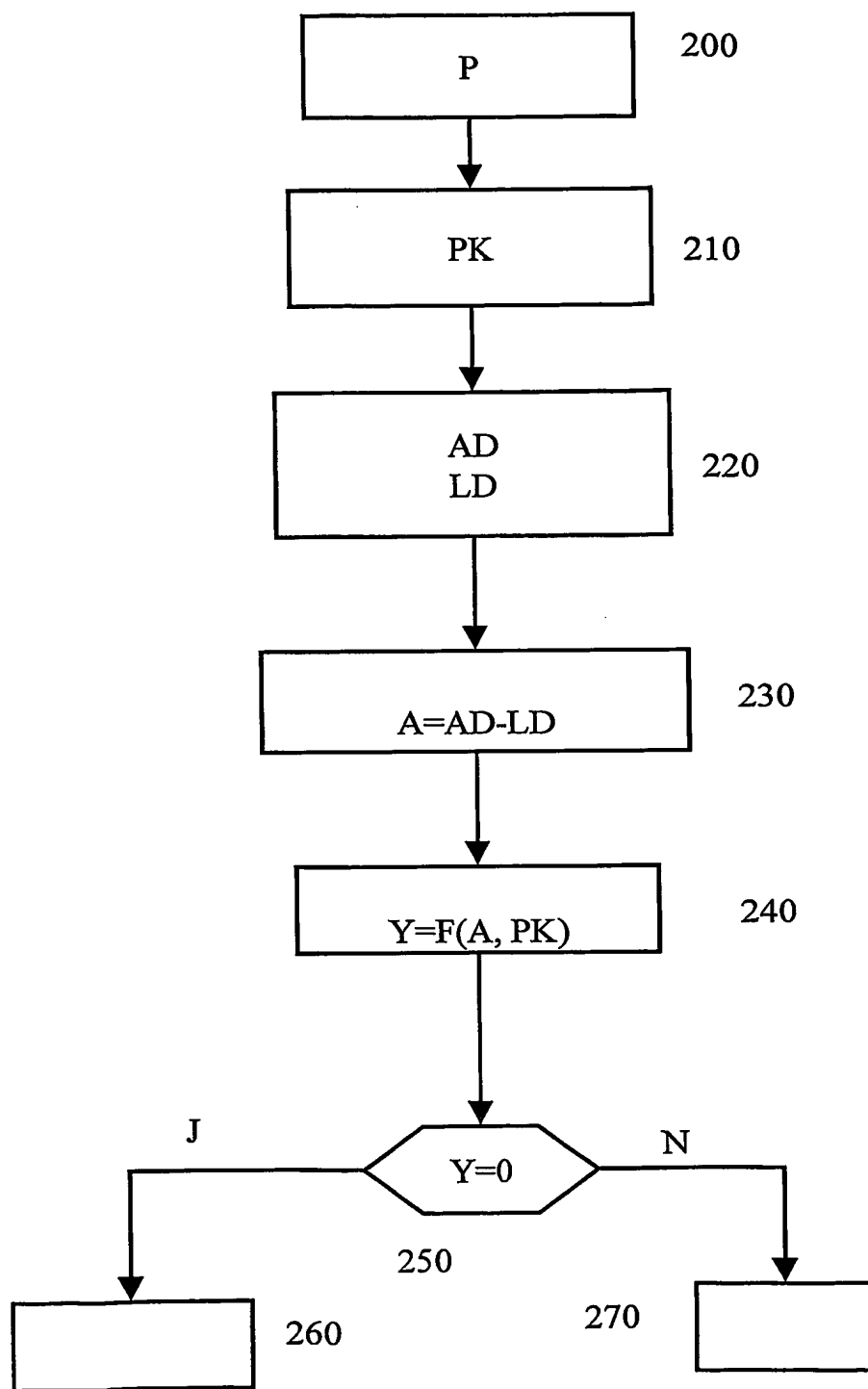


Fig. 2

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 F02D41/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EP0-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 138 902 A (BOSCH GMBH ROBERT) 4 October 2001 (2001-10-04) abstract paragraphs '0019!', '0069!', '0070! claims 7-9 figures 1,6	1,2,4,11
A	EP 1 139 445 A (BOSCH GMBH ROBERT) 4 October 2001 (2001-10-04) abstract paragraphs '0019!', '0020!', '0023!	
A	EP 1 010 876 A (HONDA MOTOR CO LTD) 21 June 2000 (2000-06-21)	

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 January 2004

Date of mailing of the international search report

16/01/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Trotureau, D

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1138902	A	04-10-2001	EP 1138902 A1	04-10-2001
			JP 2002034270 A	31-01-2002
			US 2002008440 A1	24-01-2002
EP 1139445	A	04-10-2001	EP 1139445 A1	04-10-2001
EP 1010876	A	21-06-2000	JP 2000179383 A	27-06-2000
			CN 1257159 A ,B	21-06-2000
			DE 69912917 D1	24-12-2003
			EP 1010876 A2	21-06-2000
			US 6283105 B1	04-09-2001

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGENSTANDES  
IPK 7 F02D41/20

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 F02D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 138 902 A (BOSCH GMBH ROBERT) 4. Oktober 2001 (2001-10-04) Zusammenfassung Absätze '0019!', '0069!', '0070! Ansprüche 7-9 Abbildungen 1,6	1, 2, 4, 11
A	EP 1 139 445 A (BOSCH GMBH ROBERT) 4. Oktober 2001 (2001-10-04) Zusammenfassung Absätze '0019!', '0020!', '0023!	
A	EP 1 010 876 A (HONDA MOTOR CO LTD) 21. Juni 2000 (2000-06-21)	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*&\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

8. Januar 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

16/01/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Trotureau, D

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 1138902	A	04-10-2001	EP	1138902 A1	04-10-2001
			JP	2002034270 A	31-01-2002
			US	2002008440 A1	24-01-2002
<hr/>					
EP 1139445	A	04-10-2001	EP	1139445 A1	04-10-2001
<hr/>					
EP 1010876	A	21-06-2000	JP	2000179383 A	27-06-2000
			CN	1257159 A ,B	21-06-2000
			DE	69912917 D1	24-12-2003
			EP	1010876 A2	21-06-2000
			US	6283105 B1	04-09-2001
<hr/>					